

ESTIMATING METHOD OF BATTERY CHARGED CONDITION

Patent Number: JP11346444
Publication date: 1999-12-14
Inventor(s): KURODA YUKIO; WATANABE NOBUO; KIKUCHI YOSHITERU
Applicant(s): TOYOTA MOTOR CORP
Requested Patent: ☐ JP11346444
Application Number: JP19980153312 19980602
Priority Number(s):
IPC Classification: H02J7/00; G01R31/36; H01M10/48
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an estimating method for a battery charged condition capable of accurately estimating an SOC, even when a charge/discharge condition is switched and repeated in short cycles.

SOLUTION: A battery model is used, which is constituted by a pseudo-SOC estimation means 14, electromotive force estimation means 16, voltage fluctuation estimation means 18, dynamic voltage fluctuation estimation means 20, and adder 22. In this way, the initial value used in the case of estimating estimated voltage *Vest* of a battery is estimated by an initial SOC estimation model 30, by considering charging/discharging hysteresis of a battery and action hysteresis of self discharging.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-346444

(43)公開日 平成11年(1999)12月14日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	F I	
H 0 2 J 7/00		H 0 2 J 7/00	X
			M
G 0 1 R 31/36		G 0 1 R 31/36	A
H 0 1 M 10/48		H 0 1 M 10/48	P

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-153312

(22)出願日 平成10年(1998)6月2日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 黒田 幸男

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 渡辺 修夫

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 菊池 義晃

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

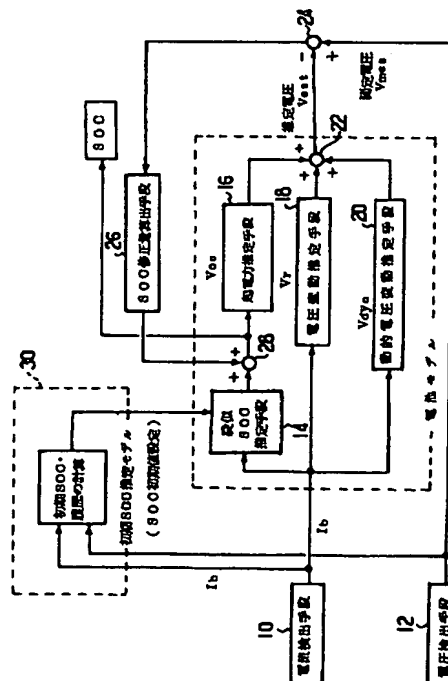
(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54)【発明の名称】 電池充電状態の推定方法

(57)【要約】

【課題】 充放電が短い周期で切り替わり、繰り返されても正確にSOCを推定することができる電池充電状態の推定方法を提供する。

【解決手段】 疑似SOC推定手段14、起電力推定手段16、電圧変動推定手段18、動的電圧変動推定手段20、加算器22によって構成される電池モデルで、電池の推定電圧 V_{est} を推定する場合に使用される初期値を、電池の充放電履歴や自己放電履歴の動作履歴を考慮して初期SOC推定モデル30で推定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電池の開放電圧を求め、
電池の動作履歴から前記開放電圧の修正量を算出し、
前記開放電圧を前記修正量により修正して修正電圧を求め、
前記修正電圧から電池の充電状態（SOC）を推定することを特徴とする電池充電状態の推定方法。

【請求項2】 請求項1記載の電池充電状態の推定方法において、前記動作履歴は、前回使用時の電池の充放電履歴及び前回使用終了時から今回使用開始時までの自己放電履歴であることを特徴とする電池充電状態の推定方法。

【請求項3】 請求項2記載の電池充電状態の推定方法において、前記修正量は、前記充放電履歴から状態方程式に基づき求めた値と前記自己放電履歴から求めた自己放電量との和であることを特徴とする電池充電状態の推定方法。

【請求項4】 請求項1において推定されたSOCを初期値とし、
前記SOCの初期値と充放電電流値の積算とからSOCの一応の値として疑似SOCを求めるとともに、前記疑似SOCと電池の状態の変動とを考慮して電池電圧を推定する電池モデルにより電池電圧を推定し、
実際の電池電圧を測定し、
前記推定された電池電圧と実際に測定された電池電圧とが等しくなるように前記疑似SOCを修正して実際のSOCを推定することを特徴とする電池充電状態の推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電池充電状態の推定方法、特に推定誤差を小さくするために電池モデルを使用した電池充電状態の推定方法の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、電池の充電状態（SOC）を推定する方法として、電池の初期のSOCに対して、充放電電流値の積分値を加えていく方法が知られている。しかし、この方法では、充放電電流値の積分誤差が蓄積されとともに、電池の未使用状態での自己放電によるSOCの初期値の変化等もあり、電池のSOCを正確に推定することが困難であった。

【0003】そこで、電池電圧からもSOCを推定し、充放電電流値の積分により得られたSOCの推定結果を補正して推定精度を向上させる方法も行われていた。例えば、特開平9-96665号公報にも、このような推定方法の改良技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例のように、電池電圧からSOCを推定し、これにより充放電電流値の積算誤差を補正する方法によっても、必ずし

も高い推定精度を得ることは困難であった。これは、電池電圧からSOCを推定すること自体が困難であるためである。

【0005】図8には、SOCが68%である電池における電池電流と電池電圧の変化の関係が示される。図8に示されるように、電池の電流-電圧の関係は線形ではなく、大きなヒステリシスを有している。従って、この電流-電圧の関係からSOCを推定した場合には、電池電流と電池電圧とがどのように変化した時点でSOCを判定したかにより大きな誤差が生じることになる。図8に示された例では、実際のSOCが68%であるにもかかわらず、充電電流が増加していく段階ではSOCが80%と判定され、放電電流が増加していく段階ではSOCが20%と判定されている。

【0006】このように、SOCが同じでも直前までの充放電電流の状態を反映して電池電圧が大きく変化するので、電池電圧からSOCを推定すると大きな誤差が生じることになる。従って、従来の方法では正確にSOCを推定することができなかった。特に、充放電が短い周期で切り替わり、繰り返されるハイブリッド車においては、SOCの推定値の誤差が大きくなるという問題があった。

【0007】さらに、電池のSOCを推定する際の初期値としては、通常前回使用終了時のSOCを使用するが、SOCは前回使用時の充放電履歴や前回使用終了時から今回使用開始時までの自己放電により変動する。従って、正確なSOCの推定には、これらのことも考慮してSOCの初期値を決定する必要がある。

【0008】本発明は、上記従来の課題に鑑みなされたものであり、その目的は、充放電が短い周期で切り替わり、繰り返されても正確にSOCを推定することができる電池充電状態の推定方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、電池充電状態の推定方法であって、電池の開放電圧を求め、電池の動作履歴から開放電圧の修正量を算出し、開放電圧を修正量により修正して修正電圧を求め、修正電圧から電池の充電状態（SOC）を推定することを特徴とする。

【0010】また、上記電池充電状態の推定方法において、動作履歴は、使用時の電池の充放電履歴及び前回使用終了時から今回使用開始時までの自己放電履歴であることを特徴とする。

【0011】また、上記電池充電状態の推定方法において、開放電圧の修正量は、充放電履歴から状態方程式に基づき求めた値と自己放電履歴から求めた自己放電量との和であることを特徴とする。

【0012】また、電池充電状態の推定方法であって、上記推定されたSOCを初期値とし、SOCの初期値と充放電電流値の積算とからSOCの一応の値として疑似

SOCを求めるとともに、この疑似SOCと電池の状態の変動とを考慮して電池電圧を推定する電池モデルにより電池電圧を推定し、実際の電池電圧を測定し、推定された電池電圧と実際に測定された電池電圧とが等しくなるように疑似SOCを修正して実際のSOCを推定することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態（以下実施形態という）を、図面に従って説明する。

【0014】実施形態1. 図1には、本発明に係る電池充電状態の推定方法の実施形態1を実施するための構成のブロック図が示される。図1において、電池の充放電電流は電流検出手段10により検出される。また、そのときの電池電圧は電圧検出手段12により検出される。

【0015】電流検出手段10により検出された充放電電流値は、疑似SOC推定手段14で積分され、あらかじめ初期SOC推定モデル30で求められていた電池の

$$V_r = -r \times I_b$$

r : 内部抵抗、 I_b : 電流値（放電が正）

ここで V_r が電圧変動推定手段18によって推定される内部抵抗による電圧変動である。なお、電池の内部抵抗 r は、あらかじめ電池毎に決定しておく。また、電流値 I_b は、電流検出手段10によって検出された充放電電流値である。

【0018】さらに、動的電圧変動推定手段20により、電池の充放電電流の変化に基づいた電池電圧の変動が推定される。動的電圧変動推定手段20では、下に示す式により電池の動的な電圧変動分 V_{dyn} を推定する。

【0019】

【数2】

$$V_{dyn} = C \times x \quad \frac{dx}{dt} = A \times x + B \times I_b$$

A, B, C : 係数マトリックス
 x : 状態量

動的電圧変動推定手段20では、上記の状態方程式に基づいて、電池の過渡的な電圧の変動 V_{dyn} を推定する。この場合、係数マトリックス A, B, C は各電池毎にその特性の測定からあらかじめ決定しておく。

【0020】次に、上述した起電力推定手段16、電圧

$$SOC = SOC_p + K_p \times (V_{mes} - V_{est}) + K_i \times \int (V_{mes} - V_{est}) dt$$

SOC_p : 疑似SOC K_p, K_i : 係数

上式において、疑似SOC (SOC_p) は疑似SOC推定手段14の出力値である。また、SOC修正量算出手段26では、上式の第2項及び第3項すなわち比較器24によって求められた推定電圧 V_{est} と測定電圧 V_{mes} との差 ($V_{mes} - V_{est}$) に比例する成分と、この差の積分値に比例する成分とを算出する。ここで、

SOCの初期値に加算されてSOCの一応の値である疑似SOCが推定される。このようにして求めた疑似SOCに基づき、起電力推定手段16により、その疑似SOCに対応する電池電圧を推定する。この起電力推定手段16によって推定される電池電圧は、電池の開放電圧の推定値 V_{oc} である。このような開放電圧 V_{oc} は、例えば、あらかじめSOCと開放電圧とのマップを電池毎に求めておき、疑似SOC推定手段14から与えられる疑似SOCに対応する開放電圧 V_{oc} として推定することができる。

【0016】また、電流検出手段10によって検出された電池の充放電電流値から、電池の内部抵抗による電圧変動が電圧変動推定手段18により推定される。この電圧変動推定手段18では、下に示す式により内部抵抗による電池電圧の変動を推定する。

【0017】

【数1】

変動推定手段18、動的電圧変動推定手段20の出力値を加算器22で加算し、電池電圧の推定値である推定電圧 V_{est} を求める。すなわち、

【数3】

$$V_{est} = V_{oc} + V_r + V_{dyn}$$

となる。

【0021】なお、以上に述べた疑似SOC推定手段14、起電力推定手段16、電圧変動推定手段18、動的電圧変動推定手段20、加算器22により、実際の電池をモデル化した電池モデルが構成される。

【0022】上述した電池モデルにより推定された電池の推定電圧 V_{est} は、比較器24で、電圧検出手段12によって検出された実際の電池の測定電圧 V_{mes} と比較され、その差がSOC修正量算出手段26に入力される。SOC修正量算出手段26では、測定電圧 V_{mes} と推定電圧 V_{est} とが等しくなるように電池のSOCの修正量を算出する。この修正量を使用して、下に示す式により電池のSOCの推定値が算出される。

【0023】

【数4】

係数 K_p, K_i はそれぞれあらかじめ電池特性から決定しておく。SOC修正量算出手段26によって算出された上記各成分は、上式に示されるように、加算器28により疑似SOC推定手段14の出力値 SOC_p に加算される。これにより電池のSOCの推定値を得ることができる。

【0024】このように本実施形態においては、電池モデルを使用し、疑似SOCから電池の起電力を推定するとともに、電池電圧の内部抵抗による変動分と、充放電電流の変化による動的な電圧変動分とを推定し、これらの合計として電池の電圧を推定する。すなわち、電池モデルにより、疑似SOCとともに電池の状態の変動を考慮して電池電圧 V_{est} を推定する。次に、この推定電圧 V_{est} が実際に測定された電池の電圧 V_{mes} と等しくなるように疑似SOCを修正して電池のSOCを推定している。したがって、単に充放電電流の積算のみならず、内部抵抗や電池の状態の変動を考慮したSOCの修正が行われるので、電池のSOCの推定精度を著しく向上することができる。

【0025】このような電池のSOCの推定には、上述したように初期SOC推定モデル30でSOCの初期値を求め、これを疑似SOC推定手段14に供給している。SOCの推定精度を上げるためには、このSOCの初期値を正確な値とする必要がある。

【0026】SOCの初期値の決定方法としては、電圧検出手段12により使用開始前の電池の開放電圧を測定し、予め求めておいた開放電圧とSOCとの関係のマップによりSOCの初期値を決定する方法がある。この場合、電池は使用開始前であるので、充放電電流の変化に基づいた電池電圧の動的な変動の影響を受けずSOCの初期値を求めることができる。

【0027】しかし、電池の使用開始前の開放電圧は、同じSOCの場合でも前回使用時の充放電履歴及び電池の前回使用終了時から今回使用開始時までの自己放電履歴により変化する。従って、本実施形態では、初期SOCの推定値の精度を向上させるため、電池の前回使用時における充放電履歴及び電池の前回使用終了時から今回使用開始時までの自己放電履歴を電池の動作履歴として考慮して初期SOCを推定している。

【0028】図2には、図1に示された初期SOC推定モデル30の構成のブロック図が示される。図2に示されるように、電流検出手段10によって検出される電池の充放電電流 I_b から、予め電池の充放電履歴を計算しておき、次回使用時の充放電履歴として使用する。また、上述したような自己放電に基づく自己放電履歴も計算して、充放電履歴と加算することにより今回使用時の電池の動作履歴を算出する。次に、この動作履歴に基づいて電池の使用開始時の履歴電圧すなわち動作履歴による電池の開放電圧の修正値を求める。電池の開放電圧は、電池の使用開始時において、ハイブリッド車のイグニッションがONとなったときすなわち充放電電流が0であるときの電池電圧として電圧検出手段12により求める。この開放電圧に、上述した履歴電圧を加算器32によって加算し、開放電圧を履歴電圧で修正した修正電圧を求める。このような修正電圧により、所定の電圧とSOCとのマップから初期SOCを算出する。なお、電

流検出手段10からの電流値は、電池の使用中でも常時初期SOC推定モデル30に入力されており、充放電履歴については常に更新されている。

【0029】このように、本実施形態では、電池の動作履歴を考慮してSOCの初期値を算出するので、動作履歴に基づく誤差をなくすことができ、より正確なSOCの初期値の算出を行うことができる。

【0030】図3には、図2に示された動作履歴の計算を行うモデルの例が示される。図3において、まず電流検出手段10によって検出された充放電電流に基づき、充放電履歴の動的モデルを使用して充放電履歴に基づく電池の開放電圧の修正量を算出する。この充放電履歴の動的モデルは、図4に示されるような充電動作時及び放電動作時における電池電圧の変動データから決定される状態方程式として与えられる。図4では、図1に示された電圧検出手段12による測定電圧 V_{mes} と、電池モデルによって推定された推定電圧 V_{est} との差を求め、この結果から充放電履歴の動的モデルとしての状態方程式を得るための同定モデル電圧をフィッティングの手法により決定している。このようにして得られた同定モデル電圧に基づき、図3の充放電履歴の動的モデルとして示される状態方程式の各係数を決定していく。したがって、図3に示された状態方程式は、このような充放電履歴に基づく電池のSOCの変動を、電池電圧のかたちで表現したものとなっている。

【0031】なお、図3の状態方程式は、離散型で示されている。この状態方程式は、図1に示された動的電圧変動推定手段20における充放電電流の変化に基づいた電池電圧の変動を推定する際の状態方程式に比べて、時定数の長いモデルとなっている。したがって、長時間にわたるゆっくりとした変化に対応できる状態方程式となっている。

【0032】また、前述したように、電池は前回の使用終了後から今回の使用開始時までの間に自己放電が起こる。そこで、電圧検出手段12により使用終了時すなわちイグニッションスイッチがOFFとなった後の電池の開放電圧を定期的に測定し、これらのデータを関数近似計算することにより得られる修正電圧、あるいは電池温度やタイマにより得られる経過時間より計算される修正電圧として自己放電履歴が電圧のかたちで得られる。

【0033】さらに、電池の前回使用終了時の電池電圧を記憶しておき、これを前回履歴として使用する。動作履歴を計算する場合には、まずこの前回履歴に自己放電履歴を加算器34で加え、この加算器34の出力に充放電履歴の動的モデルによって算出した充放電履歴に基づく修正電圧を加算器36で加える。これにより履歴電圧を得ることができる。

【0034】図5には、図1～図3に示された本実施形態に係る電池充電状態の推定方法の工程のフローが示される。図5において、イグニッションスイッチがONと

なった場合(S1)、電流検出手段10により充放電電流 $I_b=0$ であることを確認し(S2)、電圧検出手段12により電池の開放電圧が測定される(S3)。次に不揮発性メモリから前回履歴が読み出され、さらに充放電履歴の動的モデルにより充放電履歴に基づく電圧の修正量と自己放電履歴に基づく電圧の修正量が算出され(S4)、これらから履歴電圧が算出される。この履歴電圧により電圧検出手段12で検出された開放電圧を修正し、この修正電圧から初期のSOCが算出される(S5)。

【0035】このようにしてSOCの初期値がセットされ(S6)、図1に示された疑似SOC推定手段14により疑似SOCが算出される。この後は図1で説明したとおり、電池モデルにより推定電圧 V_{est} を算出し、これと測定電圧 V_{mes} とが一致するようにSOC修正量算出手段26によりSOC修正量を算出し、これによって疑似SOCを修正してSOCの推定値を算出する(S7)。

【0036】なお、電池の使用時においても、充放電履歴の動的モデルにより電池の充放電履歴の算出は続行される(S8)。

【0037】次に、イグニッションスイッチがOFFとなったか否かが確認され(S9)、OFFとなっていない場合にはS7、S8のステップが繰り返される。また、イグニッションスイッチがOFFとなった場合には(S9)、その時点での電池履歴が不揮発性メモリに書き込まれ(S10)、次の使用時に前回履歴として使用される。

【0038】実施形態2. 図6には、本発明に係る電池充電状態の推定方法の実施形態2を実施するための構成のブロック図が示され、図1と同一要素には同一符号を付してその説明を省略する。図6において特徴的な点は、初期SOC推定モデル30において、SOCの初期値を設定するだけでなく、使用中に電流検出手段10から入力される充放電電流値 I_b により使用中でも電池の充放電履歴を計算し、これに基づいて履歴電圧を求め、この履歴電圧により電池モデルで推定した推定電圧を補正することにある。これにより、電池モデルで推定される推定電圧 V_{est} の値が電池の充放電履歴によって補正されることになり、電池のSOCの推定精度を更に向上させることができる。この履歴電圧は、加算器38により電池モデルの推定電圧 V_{est} に加算される。

【0039】図7には、図6に示された初期SOC推定モデル30の構成のブロック図が示される。図7においては、図2と同じ構成であるが、電池の使用中でも電池電流 I_b により充放電履歴の計算が続行され、算出された履歴電圧が電池モデルの推定電圧 V_{est} に加算される構成となっている。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電池のSOCを推定する際の初期値として、前回使用時の充放電履歴や前回使用終了後から今回使用開始時までの自己放電履歴などを考慮して初期SOCを推定するので、初期SOCとして正確な値が得られ、更に電池の充放電電流の変化等の動的な電池状態の変動を考慮して電池のSOCの推定を行うので、ハイブリッド車のように充放電が短い周期で切り替わり、繰り返されるような使用条件下でも、高い精度でSOCの推定を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る電池充電状態の推定方法の実施形態1を実施するための構成のブロック図である。

【図2】 図1に示された初期SOC推定モデルの構成のブロック図である。

【図3】 図2に示された動作履歴の計算を行うための構成のブロック図である。

【図4】 図3に示された充放電履歴の動的モデルを決定するための充放電履歴と電圧との関係を示す図である。

【図5】 本発明に係る電池充電状態の推定方法の工程のフロー図である。

【図6】 本発明に係る電池充電状態の推定方法の実施形態2を実施するための構成のブロック図である。

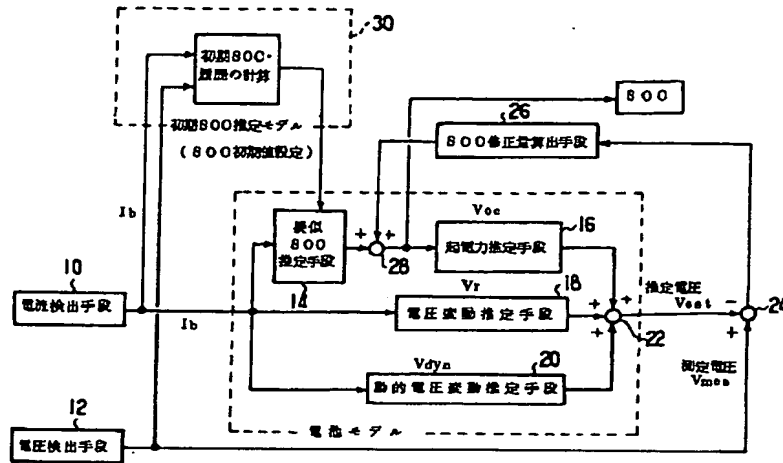
【図7】 図6に示された初期SOC推定モデルの構成のブロック図である。

【図8】 電池電流と電池電圧の変化の関係を示す図である。

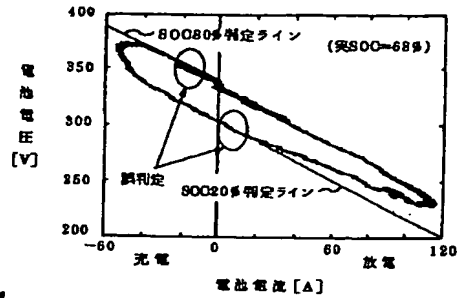
【符号の説明】

10 電流検出手段、12 電圧検出手段、14 疑似SOC推定手段、16 起電力推定手段、18 電圧変動推定手段、20 動的電圧変動推定手段、22, 28, 32, 34, 36, 38 加算器、24 比較器、26 SOC修正量算出手段、30 初期SOC推定モデル。

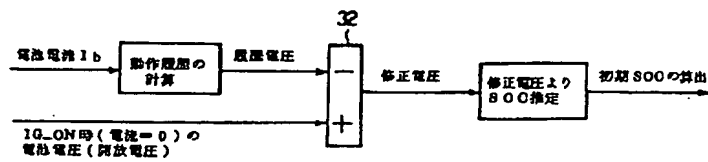
【図1】



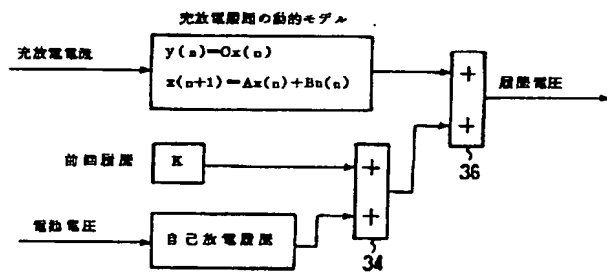
【図8】



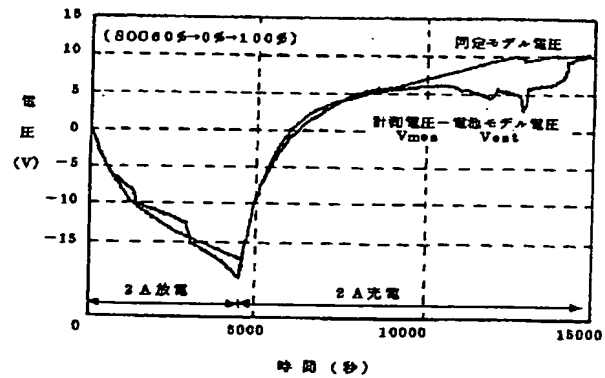
【図2】



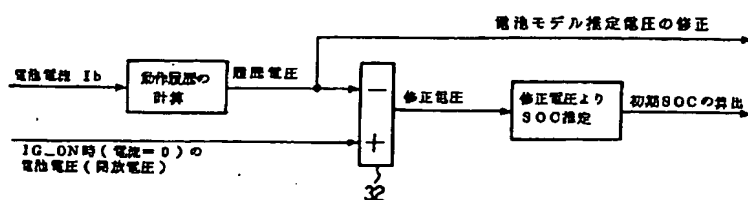
【図3】



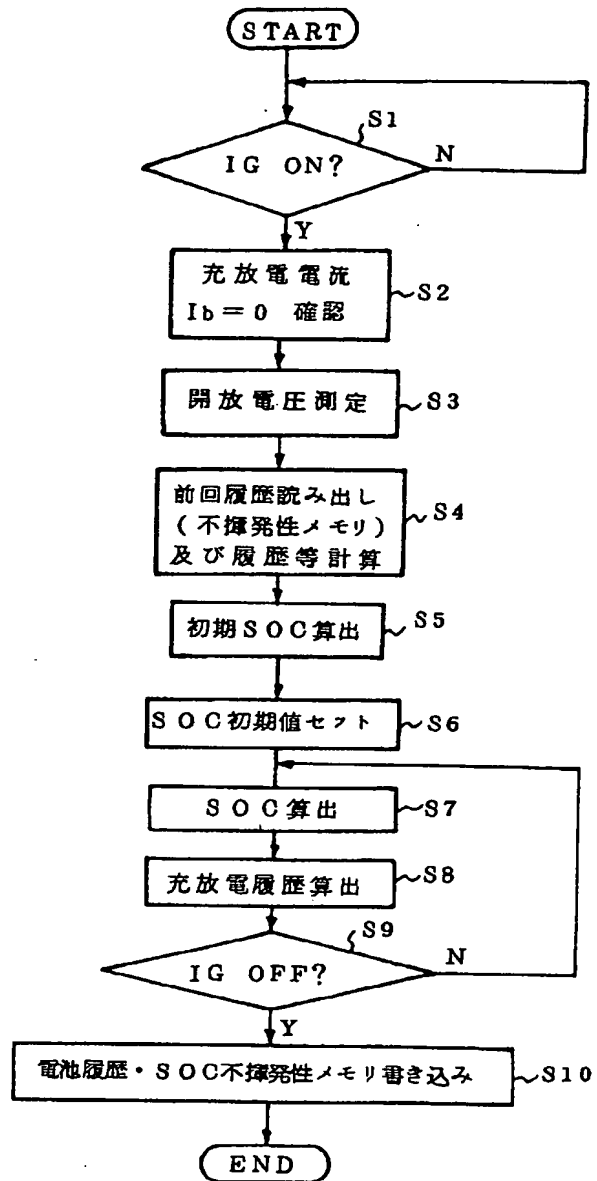
【図4】



【図7】



【図5】



【図6】

